

## BAB II LANDASAN TEORITIS

### 2.1 Pengertian TPM

*Total Productive Maintenance* (TPM) merupakan suatu sistem perawatan terpadu yang dikembangkan dari sistem *preventive maintenace* dan *corrective maintenace* serta melibatkan partisipasi semua pihak, terutama operator sebagai pemakai alat dalam melaksanakan perawatan dari mesin. *Total Productive Maintenance* dalam penerapannya mengkombinasikan pendekatan “*Top Down*” dalam penentuan target/sasaran oleh *Top Mangement* serta pendekatan “*Botton Up*” dalam peningkatan perbaikan melalui kegiatan gugus kecil serta kegiatan perawatan di level bawah.

*Total Productive Maintenance* (TPM) di defenisikan sebagai upaya berbasis tim lingkup perusahaan untuk membangun kualitas dan produktivitas kedalam sistem produksi dan meningkatkan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Seiichi Nakajima, *Vice President Of The Japan Institute Of Plant Maintenance* mendefinisikan *Total Productive Maintenance* sebagai suatu pendekatan yang inovatif dalam *maintenance* dengan cara mengoptimasi tingkat efektifitas peralatan, mengurangi/ menghilangkan *breakdown* dan melakukan *autonomous operator maintenace*.

*Preventive Maintenance* adalah perawatan suatu peralatan yang dilakukan untuk mencegah terjadinya *breakdown*. *Preventive maintenace* ini dilakukan secara kontinyu dan periodik serta dengan perlakuan khusus sesuai dengan spesifikasi yang ada pada peralatan tersebut. *Predictive Maintenance* merupakan bagian dari *Preventive maintenace*, yang meramalkan suatu kerusakan yang mungkin terjadi pada peralatan melalui pemeriksaan yang kontinyu dan berkala. *Maintenance Prevention* adalah suatu rencana metoda perawatan yang mempunyai fungsi untuk menghindari perawatan atau membebaskan peralatan dari perawatan. *Maintainability Improvement* adalah memperbaiki atau memodifikasi suatu peralatan agar terhindar dari *breakdown* dan mudah untuk dirawat. *Autonomous*

*Maintenance* adalah kegiatan perawatan kecil yang dilakukan oleh pemakai peralatan. Dikatakan perawatan “kecil” karena perawatan yang dilakukan hanya berupa aktivitas ringan dan mudah dilakukan tanpa memerlukan peralatan yang kompleks dan kemampuan spesifik. *Productive Maintenance* merupakan hasil pengembangan dari *Preventive Maintenance*, *Maintenance Prevention* dan *Maintanability Improvement* dengan prinsip-prinsip perancangan yang mempertimbangkan biaya siklus umur perawatan (biaya yang terjadi selama masa pemakaian). Adapun hubungan antara *TPM*, *Productive Maintenance* dan *Preventive Maintenance* dapat digambarkan pada gambar 2.1.

	TPM features	Productive Maintenance Features	Preventive Maintenance Features
Economic Efficiency (profitable PM)	✓	✓	✓
Total Sistem (MP – PM – MI)	✓	✓	
Autonomous Maintenance by Operator (small group netivities)	✓		

**Gambar 2.1 Hubungan TPM, *Productive Maintenance* dan *Preventive Maintenance***

Definisi yang lengkap dari TPM meliputi lima unsur berikut :

1. TPM bertujuan untuk memaksimalkan efektivitas peralatan (efektivitas secara menyeluruh).
2. TPM membentuk suatu PM menyeluruh demi ketahanan perusahaan secara menyeluruh.
3. TPM diimplementasikan oleh berbagai departemen (*engineering*, produksi, dan pemeliharaan).
4. TPM melibatkan setiap karyawan mulai dari *Top management* sampai pada pekerja dilantai pabrik.
5. TPM berdasarkan promosi PM melalui ‘*motivating management*’ yaitu aktifitas-aktifitas kelompok kecil yang dilakukan secara sendiri.

Makna ‘Total’ dalam *Total Productive Management* mempunyai tiga pengertian yang menggambarkan sifat utama dari TPM :

1. Efektivitas total menunjukkan hasil efisiensi ekonomis atau profitabilitas dari TPM.
2. Sistem pemeliharaan total menunjukkan *Maintenance Prevention* (MP), dan *Maintainability Improvement* (MI) serta *Preventive Maintenance*.
3. Partisipasi total dari semua karyawan meliputi pemeliharaan dengan sendirinya oleh para operator melalui kegiatan kelompok-kelompok kecil.

Tiga konsep dasar *Total Productive Maintenance* (TPM) yang menjadi acuan gerakannya, yaitu :

1. Mendayagunakan kemampuan peralatan (*Overall Equipment Effectiveness*). Hal ini bisa dilakukan melalui dua tipe kegiatan :
  - a. Secara kuantitatif dengan menaikkan *availability* total dari peralatan serta memperbaiki produktivitas dalam periode waktu operasi.
  - b. Secara kualitatif dengan cara mengurangi produk-produk yang rusak, menstabilkan dan memperbaiki mutu.

Usaha untuk mencapai peningkatan pendayagunaan alat diarahkan untuk mengurangi “*Six Big losses*” yang selalu mengurangi pendayagunaan alat.

2. Kegiatan perawatan oleh operator (*Auotonomous Maintenance by Operator*).

Kegiatan perawatan oleh operator akan dapat memberikan kontribusi yang sangat berarti dalam peningkatan pendayagunaan alat. Intinya pencegahan dari memburuknya kondisi peralatan. Hal ini dapat dilaksanakan dengan cara :

- a. Mengoperasikan peralatan secara baik dan benar.
- b. Memelihara kondisi peralatan (pembersihan, pelumasan)
- c. Penyetelan yang benar.
- d. Mencatat data-data kerusakan dan gangguan yang terjadi.

Selain itu operator diminta untuk melakukan pemeriksaan rutin tertentu, inspeksi harian serta melaporkan kejanggalan yang dapat diketahui secara dini. Operator diharapkan dapat juga melakukan perbaikan-perbaikan kecil

atau penggantian *sparepart* yang sederhana serta memberikan laporan yang cepat dan tepat jika terjadi kerusakan pada peralatan, serta ikut aktif membantu *manitenance* dalam perbaikan-perbaikan yang mendadak.

3. Aktivitas group yang terorganisir (*Small Group Activites*)

*Total Productive Maintenance* (TPM) sebagai suatu sistem perawatan terpadu harus dapat dilaksanakan melalui kegiatan-kegiatan kelompok kecil seperti gugus kendali mutu dalam sistem *Total Quality Control* (TQC). Aktivitas group kecil dalam TPM tidak persis sama dengan Gugus Kendali Mutu (GKM), terutama dalam keterlibatan anggotanya. Didalam TQC keterlibatan anggota lebih bersifat sukarela, posisi *supervisor* dan *manager* hanya mendukung, sedangkan dalam TPM keterlibatan anggota adalah wajib, demikian juga keterlibatan *supervisor* dan *manager* beserta staf-staf lainnya. Tema dan target dari kegiatan gugus dalam TQC dan TPM juga berbeda. Gugus kendali mutu dibentuk untuk tema-tema spesifik dengan target ditentukan tiap-tiap tema, sedangkan pada TPM tema dan target ditentukan lebih dulu mengacu pada target tahunan perusahaan seperti penurunan *delay*, penurunan ongkos, dan lainnya. Tetapi dalam pelaksanaannya bisa saja terjadi pembauran antara kegiatan Gugus kendali mutu dengan kegiatan gugus kecil dalam TPM dalam mencapai target perusahaan yang direncanakan.

TPM diperlukan untuk mengatasi *Six Big Losses* dalam proses produksi perusahaan. TPM berusaha untuk memastikan bahwa peralatan produksi memiliki daya tahan yang optimal. Beberapa hal yang berhubungan dengan TPM untuk mengoptimalkan daya tahan peralatan produksi adalah:

1. TPM di lakukan untuk mengembalikan kondisi peralatan produksi pada keadaan yang optimal untuk dipakai dalam proses produksi.
2. TPM diperlukan untuk meningkatkan keterlibatan operator dalam pemeliharaan peralatan produksi.
3. TPM diperlukan untuk meningkatkan efektivitas dan effisiensi proses pemeliharaan.

4. TPM diperlukan untuk melatih para karyawan untuk meningkatkan keahlian kerja.
5. TPM diperlukan untuk melakukan manajemen pemeliharaan alat dan tindakan pencegahan terhadap kerusakan peralatan produksi.
6. TPM diperlukan untuk pemakaian yang efektif dan teknologi pemeliharaan peralatan produksi.

*Total Productive Maintenance* bertujuan untuk mendapatkan keuntungan besar dengan menggunakan korelasi yang erat antara kualitas produk dengan perawatan mesin produktif secara prediktif. Tujuan dari TPM adalah untuk melibatkan semua sektor termasuk produksi, pengembangan, administrasi serta semua pegawai dari manajemen senior hingga operator dan staf administrasi. Kebijakan TPM perusahaan adalah mencapai status kelas dunia melalui pemberdayaan dan peningkatan tenaga kerja menyeluruh yang terlibat dalam TPM.

Konsep TPM sebelum penerapan TPM dilakukan dalam suatu perusahaan, perusahaan tersebut harus sudah memenuhi kondisi 5S. Kondisi 5S tersebut adalah:

1. *Seiri (sorting out)*  
Artinya ringkas/ pemilahan, yaitu pemilahan yang dibagi menjadi tiga kategori (diperlukan, tidak diperlukan, ragu-ragu), tidak ada barang yang tidak diperlukan berada di area kerja dan tidak ada barang yang berlebih jumlahnya.
2. *Seiton (arranging efficiently)*  
Artinya rapi/ penataan, yaitu mengatur barang-barang yang diperlukan dengan susunan yang tepat sehingga mudah ditemukan pada saat diperlukan dan mudah dikembalikan, setiap barang yang masih diperlukan dalam pekerjaan tersedia di tempatnya dan jelas status keberadaannya, setiap barang dan tempat penyimpanannya memiliki tanda atau identitas yang distandarkan dan setiap orang mematuhi aturan penyimpanan.

3. *Seiso (checking through cleaning)*  
Artinya resik atau pembersihan, yaitu membersihkan serta memeriksa, menghilangkan sumber penyebab kotor, mengupayakan kondisi optimum.
4. *Seiketsu (neatness)*  
Artinya rawat atau pemantapan, yaitu melaksanakan standarisasi di tempat kerja, mempertahankan kondisi optimum dan mewujudkan tempat kerja yang bebas kesalahan.
5. *Shitsuke (discipline)*  
Artinya rajin atau disiplin, yaitu terbiasa merawat ringkas, rapi, resik, terbiasa melaksanakan standar kerja, mengembangkan kebiasaan positif seperti taat aturan, tepat janji dan tepat waktu.

Praktek-praktek dasar TPM sering disebut pilar atau elemen dari TPM. Seluruh bangunan TPM dibangun dan berdiri di atas delapan pilar (Sangameshwaran dan Jagannathan, 2002). TPM mengarahkan kepada perencanaan yang baik, pengorganisasian, pengawasan dan pengendalian melalui metodologi yang unik yang melibatkan pendekatan kedelapan pilar sebagai yang disarankan oleh *Japan Institute of Plant Maintenance* – JIPM (Ireland dan Dale, 2001) sebagai berikut:

1. *Pemeliharaan Otonom (Autonomous Maintenance)*  
*Autonomous Maintenance* atau *Jishu Hozen* memberikan tanggung jawab perawatan rutin kepada operator seperti pembersihan mesin, pemberian lubrikasi/ minyak dan inspeksi mesin. Dengan demikian, operator atau pekerja yang bersangkutan memiliki rasa kepemilikan yang tinggi, meningkatkan pengetahuan pekerja terhadap peralatan yang digunakannya. Dengan pilar *Autonomous Maintenance*, Mesin atau peralatan produksi dapat dipastikan bersih dan terlubrikasi dengan baik serta dapat mengidentifikasi potensi kerusakan sebelum terjadinya kerusakan yang lebih parah. Hal ini dapat dilakukan dengan cara melatih para operator untuk menghilangkan *gap* antara mereka dan staf perawatan, membuat mereka mudah bekerja sebagai sebuah tim dan mengubah peralatan sehingga operator dapat mengidentifikasi kondisi yang tak normal dan mengukurnya sebelum hal itu mempengaruhi proses sebagai suatu kegagalan. Terdapat 7

langkah yang dapat diimplementasikan untuk meningkatkan pengetahuan operator, partisipasi, dan tanggung jawab mereka terhadap peralatan, yaitu (Nakajima 1988):

- a. Melakukan pembersihan awal dan pengawasan
  - b. Mencari tahu penyebab dan akibat dari debu dan kotoran
  - c. Menetapkan standar lubrikasi dan pembersihan
  - d. Melakukan pelatihan pengawasan umum
  - e. Melakukan pengecekan
  - f. Mengontrol dan mengatur tempat kerja
  - g. Perbaiki secara kontinu
2. Perbaikan Terfokus (*Focused Improvement*)  
Membentuk kelompok kerja untuk secara proaktif mengidentifikasi mesin/peralatan kerja yang bermasalah dan memberikan solusi atau usulan-usulan perbaikan. Kelompok kerja dalam melakukan *Focused Improvement* juga bisa mendapatkan karyawan-karyawan yang bertalenta dalam mendukung kinerja perusahaan untuk mencapai targetnya.
  3. Pemeliharaan Terencana (*Planned Maintenance*)  
Pilar *Planned Maintenance* menjadwalkan tugas perawatan berdasarkan tingkat rasio kerusakan yang pernah terjadi dan/atau tingkat kerusakan yang diprediksikan. Dengan *Planned Maintenance*, kita dapat mengurangi kerusakan yang terjadi secara mendadak serta dapat lebih baik mengendalikan tingkat kerusakan komponen.
  4. Pemeliharaan Mutu (*Quality Maintenance*)  
Pilar *Quality Maintenance* membahas tentang masalah kualitas dengan memastikan peralatan atau mesin produksi dapat mendeteksi dan mencegah kesalahan selama produksi berlangsung. Dengan kemampuan mendeteksi kesalahan ini, proses produksi menjadi cukup handal dalam menghasilkan produk sesuai dengan spesifikasi pada pertama kalinya. Dengan demikian, tingkat kegagalan produk akan terkendali dan biaya produksi pun menjadi semakin rendah.

5. Pendidikan dan Latihan (*Education and Training*)

Pilar *Training* dan *Education* ini diperlukan untuk mengisi kesenjangan pengetahuan saat menerapkan TPM (*Total Productive Maintenance*). Kurangnya pengetahuan terhadap alat atau mesin yang dipakainya dapat menimbulkan kerusakan pada peralatan tersebut dan menyebabkan rendahnya produktivitas kerja yang akhirnya merugikan perusahaan. Dengan pelatihan yang cukup, kemampuan operator dapat ditingkatkan sehingga dapat melakukan kegiatan perawatan dasar sedangkan Teknisi dapat dilatih dalam hal meningkatkan kemampuannya untuk melakukan perawatan pencegahan dan kemampuan dalam menganalisis kerusakan mesin atau peralatan kerja. Pelatihan pada level Manajerial juga dapat meningkatkan kemampuan Manajer dalam membimbing dan mendidik tenaga kerjanya (*mentoring* dan *Coaching skills*) dalam penerapan TPM.

6. Keselamatan, Kesehatan dan Lingkungan (*Safety, Health and Environment*).

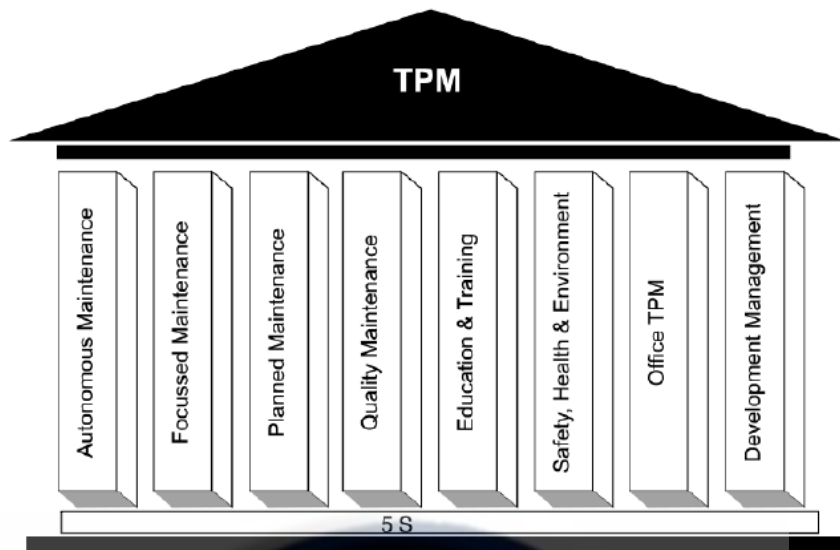
Para Pekerja harus dapat bekerja dan mampu menjalankan fungsinya dalam lingkungan yang aman dan sehat. Dalam Pilar ini, Perusahaan diwajibkan untuk menyediakan lingkungan yang aman dan sehat serta bebas dari kondisi berbahaya. Tujuan Pilar ini adalah mencapai target tempat kerja yang “*Accident Free*” (Tempat Kerja yang bebas dari segala kecelakaan).

7. TPM Kantor (*Office TPM*)

Pilar selanjutnya dalam TPM adalah menyebarkan konsep TPM ke dalam fungsi Administrasi. Tujuan pilar TPM Administrasi ini adalah agar semua pihak dalam organisasi (perusahaan) memiliki konsep dan persepsi yang sama termasuk staff administrasi (pembelian, perencanaan dan keuangan).

8. Manajemen Pengembangan (*Development Management*)

*Early Equipment Management* merupakan pilar TPM yang menggunakan kumpulan pengalaman dari kegiatan perbaikan dan perawatan sebelumnya untuk memastikan mesin baru dapat mencapai kinerja yang optimal. Tujuan dari pilar ini adalah agar mesin atau peralatan produksi baru dapat mencapai kinerja yang optimal pada waktu yang sesingkat-singkatnya.



**Gambar 2.2 8 pilar TPM**

Prinsip-prinsip *Total Productive Maintenance* (TPM) adalah sebagai berikut (Gasperz, 2013):

1. Meningkatkan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) atau *Overall Plant Effectiveness* (OPE) atau *Overall Management Effectiveness* (OME).
2. Meningkatkan *Planned maintenance system* (sistem peralatan, sistem produksi, sistem manajemen) yang ada.
3. Dalam lingkup peralatan operator memonitor kondisi mesin (*autonomus maintenance*),
4. Menampilkan pelatihan untuk meningkatkan keterampilan *maintenance* dan operasional,
5. Melibatkan karyawan dan menggunakan “*cross-functional team work*”

Sasaran *Total Productive Maintenance* (TPM) adalah sebagai berikut (Gasperz, 2013):

1. Meningkatkan kualitas dan produktivitas sistem (peralatan, pabrik, manajemen).
2. Meningkatkan kapasitas (peralatan, pabrik, manajemen).
3. Menurunkan biaya produksi dan *maintenance cost*.
4. Menurunkan kegagalan yang di sebabkan oleh sistem (peralatan, pabrik, manajemen).

5. Meningkatkan kepuasan kerja karyawan dan manajemen,
6. Meningkatkan ROI (*Return On Investment*)

Sasaran *Total Productive Maintenance* (TPM) adalah sebagai berikut (Gasperz, 2013):

1. TPM dalam lingkup peralatan mengkombinasikan praktek-praktek “*preventive maintenance*” dengan total *quality control* dan *total employee involvement*.
2. Menciptakan kultur, dimana operator merasa memiliki peralatan mesin.
3. Menjadi bagian yang menjalin hubungan kemitraan dengan *maintenance*, *engineering*, dan *management*.
4. Menjamin peralatan mesin-mesin beroperasi secara baik setiap hari

Hal yang perlu dilakukan untuk menerapkan TPM dengan 12 langkah sebagai berikut (Nakajima, 1988) :

1. Langkah 1  
Langkah pertama yaitu memberitahukan keputusan *top management* mengenai akan diperkenalkan TPM. *Top management* harus menciptakan lingkungan yang akan mendukung berjalannya program TPM. Tanpa dukungan manajemen, akan ada skeptisme dan resistensi yang kemungkinan bisa melumpuhkan inisiatif.
2. Langkah 2  
Langkah kedua yaitu dengan menyelenggarakan pendidikan serta kampanye pergerakan TPM. Program ini akan memberikan informasi dan mengedukasi setiap karyawan di perusahaan tentang aktifitas TPM, manfaat, serta pentingnya kontribusi setiap orang untuk mensukseskannya. Pelatihan ini dapat diberikan oleh praktisi internal atau oleh konsultan *outsourse*.
3. Langkah 3  
Langkah ketiga yaitu dengan membentuk organisasi untuk mempromosikan TPM. Tim ini akan memelihara dan memastikan berjalannya TPM segera setelah program dimulai. Aktifitas berbasis-tim sangat penting untuk kesuksesan TPM. Tim ini umumnya terdiri atas orang-orang dari setiap

level organisasi, mulai dari manajemen hingga *shop floor*. Tim inilah yang akan melakukan komunikasi dan memastikan setiap orang bekerja dengan tujuan yang sama

4. Langkah 4

Langkah keempat yaitu menentukan kebijakan dasar serta target (*goal*) dari TPM. Penentuan target bisa dilakukan dengan analisa terhadap keadaan saat ini dan tentukan target yang SMART yaitu *Specific, Measurable, Attainable, Realistic* dan *Time-based* serta dengan penerapan 8 pilar TPM.

5. Langkah 5

Langkah kelima yaitu dengan menyusun *master plan* untuk pengembangan TPM.

6. Langkah 6

Langkah keenam *Kick off* TPM yaitu peresmian dimulainya penerapan TPM. Penentuan jadwal pertemuan rutin, dan mulai melakukan pertemuan rutin, untuk mengetahui sistem perawatan yang baru, yang akan dilaksanakan perusahaan.

7. Langkah 7

Langkah ketujuh yaitu melaksanakan kegiatan *improvement* untuk semua mesin dan *equipment* mesin untuk meningkatkan tingkat keefektifitasan mesin dan peralatan.

8. Langkah 8

Langkah kedelapan yaitu mengembangkan program *Autonomous Maintenance* (AM) oleh operator. Pembersihan dan inspeksi rutin yang dilakukan operator akan membantu menstabilkan kondisi mesin dan mencegah kerusakan/penurunan performa mesin.

9. Langkah 9

Langkah kesembilan yaitu menyempurnakan sistem perencanaan *maintenance* serta keahlian manajemen dari bagian *maintenance*.

10. Langkah 10

Langkah kesepuluh yaitu dengan menyelenggarakan pendidikan dan pelatihan untuk perbaikan dan peningkatan *skill*.

#### 11. Langkah 11

Langkah kesebelas yaitu mengembangkan program *early equipment management* dengan membuat prinsip-prinsip perawatan untuk pencegahan pada proses perancangan mesin. kegiatan ini ditujukan untuk :

- Mencapai tingkatan tertinggi yang mungkin terjadi pada tahap perencanaan investasi mesin dan peralatan.
- Mengurangi periode dari desain menjadi operasi yang stabil.
- Pengembangan melalui periode dengan efisien melalui tenaga kerja minimum dan keseimbangan beban kerja.
- Memastikan bahwa peralatan yang dirancang berada pada tingkat keandalan, kemampuan perawatan, produksi dan tingkat keamanan maksimum.

#### 12. Langkah 12

Langkah terakhir yaitu dengan penerapan TPM secara menyeluruh

### 2.2 Overall Equipment Effectiveness

*Overall Equipment Effectiveness* (OEE) merupakan efektivitas peralatan secara keseluruhan untuk mengevaluasi seberapa *performance* peralatan. OEE juga digunakan untuk memperbaiki produktivitas sebuah perusahaan sebagai langkah pengambilan keputusan. *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) merupakan metode yang digunakan sebagai alat ukur dalam penerapan program *Total Productive Maintenance* (TPM) guna menjaga peralatan agar pada kondisi ideal dengan menghapuskan *six big losses*. Analisis OEE digunakan sebagai parameter untuk mengetahui tingkat kehandalan mesin dengan parameter sebagai berikut :

#### a. Availability Rate,

*Availability rate* sebagai ukuran untuk mengukur tingkat efektivitas *maintenance* peralatan produksi dalam kondisi produksi sedang berlangsung. Menghitung penggunaan waktu kerja dari penggunaan waktu yang tersedia untuk kegiatan operasi mesin atau peralatan. Waktu diukur dari pengurangan waktu kerja (*loading time*) dengan waktu kerusakan mesin atau peralatan (*downtime*) dibagi dengan waktu bekerja.

Rumus untuk melakukan perhitungan *Availability Rate* yaitu :

$$\text{Availability time} = \frac{\text{Loading time} - \text{Downtime}}{\text{Operation time}} \times 100\%$$

b. *Performance Rate / Performance Efficiency*

Digunakan untuk mengukur seberapa efektif peralatan produksi yang digunakan. Perhitungan ini didapatkan dari nilai perkalian keluaran atau *output* dengan waktu siklus ideal kemudian dibagi dengan waktu operasi. Nilai ini menunjukkan kinerja dari sumber daya yang digunakan dalam hal ini adalah mesin produksi. Rumus yang digunakan untuk melakukan perhitungan *Performance Rate/ Performance Efficiency* yaitu :

$$\text{Performace efficiency} = \frac{\text{processed amount} \times \text{ideal cycle time}}{\text{Loading time}} \times 100\%$$

c. *Quality Rate/ Rate of Quality Products*

Untuk mengukur efektivitas proses manufaktur untuk mengeliminasi *scrap*, *rework*, dan *yield loss*. Rumus yang digunakan untuk menghitung *Rate of Quality Products* yaitu :

$$\text{Rate of quality products} = \frac{\text{processed amount} - \text{defect amount}}{\text{processed amount}} \times 100\%$$

d. *Overall Equipment Effectiveness*

Yaitu merupakan metode yang digunakan sebagai alat ukur (metrik) dalam penerapan metode *Total Productive Maintenance*. *Overall Equipment Effectiveness* berguna untuk menjaga mesin atau peralatan tetap dalam kondisi ideal. Nilai yang dihasilkan dari perkalian tiga rasio kemudian dibandingkan dengan nilai OEE standar dunia. Berikut merupakan perhitungan untuk menghitung nilai OEE.

$$\text{Overall Equipment Effectiveness} = \text{Availability} \times \text{Performance efficiency} \times \text{Rate of quality products}$$

Menurut (Nakajima, 1988) nilai ideal untuk OEE dan menjadi nilai standard *world class* yaitu sebesar 85%, dengan nilai *Availability Rate* ideal diatas 90%,

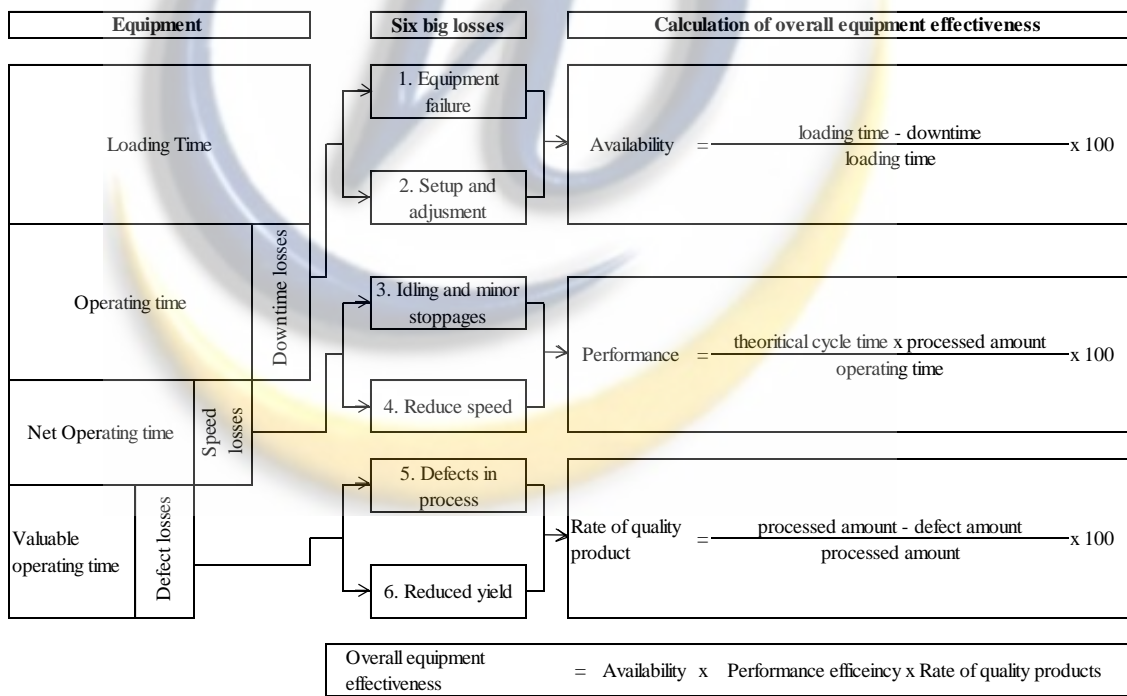
nilai *Performance Efficiency* diatas 95%, dan nilai *Rate of Quality Product* diatas 99%.

Tujuan dari perhitungan *six big losses* adalah untuk mengetahui nilai efektivitas keseluruhan (OEE). Dari nilai OEE ini dapat diambil langkah-langkah untuk memperbaiki atau mempertahankan nilai tersebut. Keenam kerugian tersebut digolongkan menjadi tiga macam yaitu (Nakajima, 1988) :

1. *Downtime Losses*, terdiri dari :
  - a. *Breakdown Losses/ Equipment Failures* yaitu kerusakan mesin/ peralatan yang tiba-tiba atau kerusakan yang tidak diinginkan tentu saja akan menyebabkan kerugian, karena kerusakan mesin akan menyebabkan mesin tidak beroperasi menghasilkan *output*. Hal ini akan mengakibatkan waktu yang terbuang sia-sia dan kerugian material serta produk cacat yang dihasilkan semakin banyak.
  - b. *Setup and Adjustment Losses/* kerugian karena pemasangan dan penyetelan adalah semua waktu setup termasuk waktu penyesuaian (*adjustment*) dan juga waktu yang dibutuhkan untuk kegiatan-kegiatan pengganti satu jenis produk ke jenis produk berikutnya untuk proses produksi selanjutnya.
2. *Speed Loss*, terdiri dari:
  - a. *Idling and Minor Stoppage Losses* disebabkan oleh kejadian-kejadian seperti pemberhentian mesin sejenak, kemacetan mesin, dan *idle time* dari mesin. Kenyataannya, kerugian ini tidak dapat dideteksi secara langsung tanpa adanya alat pelacak. Ketika operator tidak dapat memperbaiki pemberhentian yang bersifat *minor stoppage* dalam waktu yang telah ditentukan, dapat dianggap sebagai suatu *breakdown*.
  - b. *Reduced Speed Losses* yaitu kerugian karena mesin tidak dapat bekerja optimal (penurunan kecepatan operasi) terjadi jika kecepatan aktual operasi mesin/peralatan lebih kecil dari kecepatan optimal atau kecepatan mesin yang dirancang.

3. *Defect Loss*, terdiri dari :
  - a. *Process Defect* yaitu kerugian yang disebabkan karena adanya produk cacat maupun karena kerja produk diproses ulang. Produk cacat yang dihasilkan akan mengakibatkan kerugian material, mengurangi jumlah produksi, biaya tambahan untuk pengerjaan ulang termasuk biaya tenaga kerja dan waktu yang dibutuhkan untuk mengolah dan mengerjakan kembali ataupun untuk memperbaiki produk yang cacat. Walaupun waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki produk cacat hanya sedikit, kondisi ini dapat menimbulkan masalah yang lebih besar.
  - b. *Reduced Yield Losses* disebabkan material yang tidak terpakai atau sampah bahan baku.

Berikut merupakan gambaran hubungan antara perhitungan nilai OEE dengan *Six Big Losses*



**Gambar 2.3 Overall Equipment Effectiveness**

### 2.3 Pemeliharaan

Menurut (Assauri, 1980) *maintenance* merupakan suatu fungsi dalam suatu perusahaan yang sama pentingnya dengan fungsi-fungsi lain seperti produksi. Hal ini karena apabila kita mempunyai peralatan atau fasilitas, maka kita selalu

berusaha untuk tetap dapat mempergunakan peralatan atau fasilitas tersebut. Demikian pula halnya dengan perusahaan dimana pimpinan perusahaan tersebut akan selalu berusaha agar fasilitas/ peralatan produksinya dapat dipergunakan sehingga kegiatan produksinya dapat berjalan lancar. Pemeliharaan (*Maintenance*) adalah kegiatan rutin, pekerjaan berulang yang dilakukan untuk menjaga kondisi fasilitas produksi agar dapat dipergunakan sesuai dengan fungsi dan kapasitas sebenarnya secara efisien. Berbeda dengan perbaikan, pemeliharaan (*Maintenance*) juga didefinisikan sebagai suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam, atau memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisa diterima.

Tujuan pemeliharaan yang utama dapat didefinisikan dengan jelas sebagai berikut (Assauri, 1980) :

1. Kemampuan berproduksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi.
2. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk itu sendiri dan kegiatan produksi yang tidak terganggu.
3. Untuk membantu mengurangi pemakaian dan penyimpangan yang diluar batas dan menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan selama waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijaksanaan perusahaan mengenai investasi tersebut.
4. Untuk mencapai tingkat biaya *maintenance* serendah mungkin, dengan melaksanakan kegiatan *maintenance* secara efektif dan efisien keseluruhannya.
5. Menghindari kegiatan *maintenance* yang dapat membahayakan keselamatan pekerja.
6. Mengadakan suatu kerja sama yang erat dengan fungsi-fungsi utama lainnya dari suatu perusahaan, dalam rangka untuk mencapai tujuan utama perusahaan yaitu tingkat keuntungan atau *return of investment* yang sebaik mungkin dan total biaya rendah.

Jenis pemeliharaan terdiri dari dua kelompok yaitu :

1. Pemeliharaan terencana (*planned maintenance*)

*Planned maintenance* merupakan pemeliharaan yang diorganisasikan dan dilakukan dengan pemikiran ke masa depan, pengendalian dan pencatatan sesuai dengan rencana yang telah ditentukan sebelumnya. Keuntungan *Planned Maintenance* yaitu :

- Pengurangan pemeliharaan darurat, ini merupakan alasan utama untuk merencanakan kerja pemeliharaan.
- Pengurangan waktu menganggur, hal ini tidak sama dengan pengurangan waktu reparasi pemeliharaan darurat. Waktu yang digunakan untuk pembelian suku cadang, baik dibeli dari luar atau dibuat lokal, mengakibatkan waktu nganggur meskipun pekerjaan darurat tersebut misalnya hanya memasang bagian mesin yang tidak lama.
- Menaikkan ketersediaan (*Availability*) untuk produksi, hal ini erat hubungannya dengan pengurangan waktu nganggur pada mesin atau pelayanan.
- Meningkatkan penggunaan tenaga kerja untuk pemeliharaan dan produksi.
- Pengurangan penggantian suku cadang.
- Meningkatkan efisiensi mesin/peralatan

2. Pemeliharaan tak terencana (*unplanned maintenance*)

Pemeliharaan tak terencana adalah yaitu pemeliharaan darurat, yang didefinisikan sebagai pemeliharaan dimana perlu segera dilaksanakan tindakan untuk mencegah akibat yang serius, misalnya hilangnya produksi, kerusakan besar pada peralatan, atau untuk keselamatan kerja. Pada umumnya sistem pemeliharaan merupakan metode tak terencana, dimana peralatan yang digunakan dibiarkan atau tanpa disengaja rusak hingga akhirnya, peralatan tersebut akan digunakan kembali maka diperlukannya perbaikan atau pemeliharaan.

Pemeliharaan mesin terbagi menjadi:

1. Pemeliharaan pencegahan (*Preventive Maintenance*)  
Pemeliharaan pencegahan adalah pemeliharaan yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan, atau cara pemeliharaan yang direncanakan untuk pencegahan.
2. Pemeliharaan korektif (*Corrective Maintenance*)  
Pemeliharaan korektif adalah pekerjaan pemeliharaan yang dilakukan untuk memperbaiki dan meningkatkan kondisi fasilitas/ peralatan sehingga mencapai standar yang dapat diterima. Dalam perbaikan dapat dilakukan peningkatan-peningkatan sedemikian rupa, seperti melakukan perubahan atau modifikasi rancangan agar peralatan menjadi lebih baik.
3. Pemeliharaan berjalan (*Running Maintenance*)  
Pemeliharaan berjalan dilakukan ketika fasilitas atau peralatan dalam keadaan bekerja. Pemeliharaan berjalan diterapkan pada peralatan-peralatan yang harus beroperasi terus dalam melayani proses produksi.
4. Pemeliharaan prediktif (*Predictive Maintenance*)  
Pemeliharaan prediktif ini dilakukan untuk mengetahui terjadinya perubahan atau kelainan dalam kondisi fisik maupun fungsi dari system peralatan. Biasanya pemeliharaan prediktif dilakukan dengan bantuan panca indra atau alat-alat monitor yang canggih.
5. Pemeliharaan setelah terjadi kerusakan (*Breakdown Maintenance*)  
Pekerjaan pemeliharaan ini dilakukan ketika terjadinya kerusakan pada peralatan, dan untuk membaikinya harus disiapkan suku cadang, alat-alat dan tenaga kerjanya.
6. Pemeliharaan Darurat (*Emergency Maintenance*)  
Pemeliharaan darurat adalah pekerjaan pemeliharaan yang harus segera dilakukan karena terjadi kemacetan atau kerusakan yang tidak terduga.
7. Pemeliharaan berhenti (*shutdown maintenance*)  
Pemeliharaan berhenti adalah pemeliharaan yang hanya dilakukan selama mesin tersebut berhenti beroperasi.

8. *Pemeliharaan rutin (routine maintenance)*  
Pemeliharaan rutin adalah pemeliharaan yang dilaksanakan secara rutin atau terus-menerus.
9. *Design out maintenance*  
Adalah merancang ulang peralatan untuk menghilangkan sumber penyebab kegagalan dan menghasilkan model kegagalan yang tidak lagi atau lebih sedikit membutuhkan *maintenance*.

#### 2.4 *Fishbone Diagram*

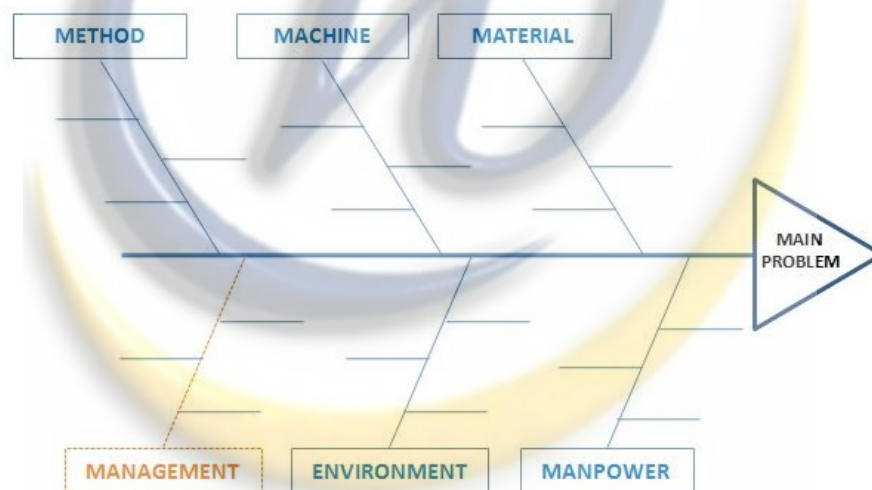
*Fishbone* diagram juga disebut Ishikawa Diagram karena diagram ini diperkenalkan oleh Dr. Kaoru Ishikawa pada tahun 1943. Diagram ini terdiri dari sebuah panah horizontal yang panjang dengan diskripsi masalah. Dimana penyebab-penyebab masalah digambarkan dengan garis radial dari garis panah yang menunjukkan masalah (Prihantoro, 2012). *Fishbone* diagram digunakan untuk mengetahui akibat dan penyebab suatu masalah untuk selanjutnya diambil tindakan perbaikan. Dari akibat tersebut kemudian dicari beberapa kemungkinan penyebabnya.

Diagram Ishikawa (disebut juga diagram tulang ikan, atau *cause-and-effect matrix*) adalah diagram yang menunjukkan penyebab-penyebab dari sebuah kondisi yang spesifik. Diagram Ishikawa dapat membantu mengidentifikasi faktor-faktor yang signifikan dan memberi efek terhadap sebuah even. Bagian-bagian dari Diagram *Fishbone* :

1. **Bagian Kepala Ikan** Kepala ikan  
Di bagian ini, ditulis even yang dipengaruhi oleh penyebab-penyebab yang nantinya di tulis di bagian tulang ikan. Even ini sering berupa masalah atau topik yang akan di cari tahu penyebabnya, biasanya selalu terletak di sebelah kanan.
2. **Bagian Tulang Ikan** Pada bagian tulang ikan,  
Bagian ini berisi kategori. kategori yang paling umum digunakan, faktor yang dianilisi yaitu :

- Orang/ *Man*  
Yaitu semua orang yang terlibat dari sebuah proses.
- Metode  
Bagaimana proses itu dilakukan, kebutuhan yang spesifik dari poses itu, seperti prosedur, peraturan dan lain sebagainya.
- Material  
Semua material yang diperlukan untuk menjalankan proses.
- Mesin  
Semua mesin, peralatan, ataupun peralatan yang diperlukan untuk melakukan pekerjaan.
- Lingkungan  
Kondisi di sekitar tempat kerja, seperti suhu udara, tingkat kebisingan, kelembaban udara, dan lain sebagainya

Berikut merupakan gambaran untuk Ishikawa Diagram :



**Gambar 2.4 Fishbone diagram**

Langkah-langkah dalam menerapkan diagram tulang ikan adalah.:

1. Menyepakati pernyataan masalah. Sepakati sebuah pernyataan masalah (*problem statement*). Pernyataan masalah ini diinterpretasikan sebagai *effect*, atau secara visual dalam *fishbone* seperti “kepala ikan”. Tuliskan masalah tersebut di tengah media di sebelah paling kanan. Gambarkan sebuah kotak mengelilingi tulisan pernyataan masalah tersebut dan buat panah horizontal panjang menuju ke arah kotak.

2. Mengidentifikasi kategori-kategori Dari garis horisontal utama, buat garis diagonal yang menjadi cabang. Setiap cabang mewakili sebab utama dari masalah yang ditulis.
3. Menemukan sebab-sebab potensial dengan cara *brainstorming*. Setiap kategori mempunyai sebab-sebab yang perlu diuraikan melalui sesi *brainstorming*. Saat sebab-sebab dikemukakan, tentukan bersama-sama di mana sebab tersebut harus ditempatkan dalam *fishbone* diagram.
4. Mengkaji dan menyepakati sebab-sebab yang paling mungkin. Setelah setiap kategori diisi kemudian mencari sebab yang paling mungkin di antara semua sebab dan sub-subnya. Jika ada sebab-sebab yang muncul pada lebih dari satu kategori, kemungkinan merupakan petunjuk sebab yang paling mungkin.

## 2.5 Peramalan

Peramalan merupakan suatu langkah awal dalam melakukan langkah pengambilan keputusan dan perencanaan. Setiap pengambilan keputusan yang menyangkut keadaan dimasa yang akan datang, pasti ada peramalan yang melandasi pengambilan keputusan tersebut (Sofyan Assauri, 1984). Peramalan adalah suatu perkiraan tingkat permintaan yang diharapkan untuk suatu produk atau beberapa produk dalam periode waktu tertentu di masa yang akan datang. Oleh karena itu, peramalan pada dasarnya merupakan suatu taksiran, tetapi dengan menggunakan cara-cara tertentu peramalan dapat lebih daripada hanya satu taksiran. Dapat dikatakan bahwa peramalan adalah suatu taksiran yang ilmiah meskipun akan terdapat sedikit kesalahan yang disebabkan oleh adanya keterbatasan kemampuan manusia.

Peramalan pada awalnya merupakan suatu pemikiran, namun karena menggunakan teknik-teknik peramalan tertentu baik formal maupun informal. Jenis-jenis peramalan sebagai berikut :

- a. Ramalan ekonomi
- b. Ramalan teknologi
- c. Ramalan permintaan

Peranan dan kegunaan permalan diantaranya yaitu :

- a. Penjadwalan sumber daya yang tersedia  
Penggunaan sumber daya yang efisien memerlukan penjadwalan produksi, transportasi, kas, personalia dan sebagainya.
- b. Penyediaan sumber daya tambahan  
Waktu tenggang (*lead time*) untuk memperoleh bahan baku, menerima pekerja baru, atau membeli mesin dan peralatan dapat berkisar antara beberapa hari sampai beberapa tahun. Peramalan diperlukan untuk menentukan kebutuhan sumber daya di masa mendatang.
- c. Penentuan sumber daya yang diinginkan  
Setiap organisasi harus menentukan sumber daya yang ingin dimiliki dalam jangka panjang. Keputusan semacam itu bergantung pada kesempatan pasar, faktor-faktor lingkungan dan pengembangan internal dari sumber daya finansial, manusia, produk dan teknologis. Semua penentuan ini memerlukan ramalan yang baik dan manajer dapat menafsirkan perkiraan serta membuat keputusan yang tepat.

System peramalan memiliki 9 langkah yang harus diperhatikan untuk menjamin efektifitas dan efisiensi. Langkah-langkah tersebut termasuk dalam manajemen permintaan yang disebut juga konsep dasar peramalan, yaitu (Gaspersz, 2004) :

- a. Menentukan tujuan dari peramalan
- b. Memilih item independen demand yang akan diramalakan
- c. Menentukan horizon waktu dari peramalan (jangka pendek, menengah, dan panjang)
- d. Memilih model-midel peramalan
- e. Memperoleh data yang dibutuhkan untuk elakukan peramalan.
- f. Validasi model peramalan
- g. Membuat permalan
- h. Implementasi hasil-hasil permalan
- i. Memantau keandalan hasil peramalan.

Berdasarkan pada jangka waktu peramalan, tujuan kegiatan peramalan dapat diklasifikasikan menjadi 3 bagian jangka waktu, yaitu :

- a. Jangka pendek (*short term*)  
Dilakukan perharian atau permingguan yang ditentukan oleh low management, dengan cara menentukan kuantitas dan waktu dari item yang akan diproduksi.
- b. Jangka menengah (*medium term*)  
Dilakukan perbulan ataupun kuartal yang dilakukan oleh *middle management*, dengan cara menentukan kuantitas dan waktu dari kapasitas di produksi.
- c. Jangka panjang (*long term*)  
Dilakukan tahunan, 5 tahunan, 10 tahunan, ataupun 20 tahunan yang dilakukan oleh top management dengan merencanakan kuantitas dan waktu dari fasilitas produksi.

Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan teknik atau metode peramalan :

1. Horizon peramalan  
Terdiri dari 2 aspek dari horizon waktu yang berhubungan dengan masing-masing metode peramalan :
  - a. Cakupan waktu dimasa yang akan datang
  - b. Jumlah periode dimana ramalan diinginkan.
2. Tingkat ketelitian
3. Ketersediaan data
4. Bentuk pola data
5. Biaya
6. Jenis dari model
7. Mudah tidak nya penggunaan dan aplikasinya.

Dilihat dari sifat ramalan yang telah disusun, maka peramalan dapat dibedakan atas dua macam, yaitu:

1. Peramalan kualitatif atau teknologis, yaitu peramalan yang didasarkan atas data kualitatif masa lalu. Hasil peramalan yang ada tergantung pada orang yang menyusunnya, karena peramalan tersebut sangat ditentukan oleh pemikiran yang bersifat intuisi, *judgement* (pendapat) dan pengetahuan serta pengalaman dari penyusunnya. Metoda kualitatif dibagi menjadi dua metode, yaitu:
  - a. Metode eksploratif  
Pada metoda ini dimulai dengan masa lalu dan masa kini sebagai awal dan bergerak ke arah masa depan secara heuristik, sering kali dengan melihat semua kemungkinan yang ada
  - b. Metode normative  
Pada metode ini dimulai dengan menetapkan sasaran tujuan yang akan datang, kemudian bekerja mundur untuk melihat apakah hal ini dapat dicapai berdasarkan kendala, sumber daya dan teknologi yang tersedia.
2. Peramalan kuantitatif, yaitu peramalan yang didasarkan atas data kuantitatif pada masa lalu. Hasil peramalan yang dibuat tergantung pada metode yang digunakan dalam peramalan tersebut. Metode yang baik adalah metode yang memberikan nilai-nilai perbedaan atau penyimpangan yang mungkin. Peramalan kuantitatif hanya dapat digunakan apabila terdapat tiga kondisi sebagai berikut: (Makridakis, 1988)
  - a. Informasi tentang keadaan masa lalu.
  - b. Informasi tersebut dapat dikuantifikasikan dalam bentuk data numerik.
  - c. Dapat diasumsikan bahwa beberapa aspek pola masa lalu akan terus berkelanjutan pada masa yang akan datang.

Metode peramalan kuantitatif terbagi atas dua jenis model peramalan yang utama, yaitu:

1. Model deret berkala (*time series*), yaitu:  
Metode peramalan yang didasarkan atas penggunaan analisa pola hubungan antara variabel yang akan diperkirakan dengan variabel waktu, yang merupakan deret waktu.
2. Model kausal, yaitu metode peramalan yang didasarkan atas penggunaan analisa pola hubungan antara variabel lain yang mempengaruhinya, yang bukan waktu yang disebut metode korelasi atau sebab akibat. Model kausal terdiri dari:
  - a. Metode regresi dan korelasi.
  - b. Metode ekonometri
  - c. Metode input dan output

Langkah penting dalam memilih suatu metode deret berkala (*time series*) yang tepat adalah dengan mempertimbangkan jenis pola data, sehingga metode yang paling tepat dengan pola tersebut dapat diuji. Pola data dapat dibedakan menjadi empat jenis, yaitu: (Makridakis, 1988)

1. Pola Horizontal (H) atau *Horizontal Data Pattern*  
Pola data ini terjadi bilamana data berfluktuasi di sekitar nilai rata-rata. Suatu produk yang penjualannya tidak meningkat atau menurun selama waktu tertentu termasuk jenis ini.
2. Pola Trend (T) atau *Trend Data Pattern*  
Pola data ini terjadi bilamana terdapat kenaikan atau penurunan sekuler jangka panjang dalam data. Contohnya penjualan perusahaan, produk bruto nasional (GNP) dan berbagai indikator bisnis atau ekonomi lainnya, selama perubahan sepanjang waktu.
3. Pola Musiman (S) atau *Seasonal Data Pattern*  
Pola data ini terjadi bilamana suatu deret dipengaruhi oleh faktor musiman (misalnya kuartal tahun tertentu, bulan atau hari-hari pada minggu tertentu). Penjualan dari produk seperti minuman ringan, es krim dan bahan bakar pemanas ruang semuanya menunjukkan jenis pola ini.

#### 4. Pola Siklis (S) atau *Cyclied Data Pattern*

Pola data ini terjadi bilamana datanya dipengaruhi oleh fluktuasi ekonomi jangka panjang seperti yang berhubungan dengan siklus bisnis. Contohnya penjualan produk seperti mobil, baja

Teknik peramalan secara garis besar dapat dikelompokkan menjadi 2 yaitu:

##### 1. Metode *Time Series* (Deret Waktu)

Secara garis besar metode time series dapat dikelompokkan menjadi:

###### a. Metode *Averaging*

Dipakai untuk kondisi dimana setiap data pada waktu yang berbeda mempunyai bobot yang sama sehingga fluktuasi random data dapat direndam dengan rata-ratanya, biasanya dipakai untuk peramalan jangka pendek.

Adapun metode-metode yang termasuk didalamnya, antara lain:

- Simple Average

Rumus yang digunakan:

$$F_{T+n} = \bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{T+(n-1)} X_i}{T}$$

dimana:

X = F = Hasil ramalan

T = Periode

X<sub>i</sub> = Demand pada periode t

- *Single Moving Average*

Apabila diperoleh data yang stasioner, metode ini cukup baik untuk meramalkan keadaan.

$$F_{T+n} = \bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{T}$$

dimana:

X = F = Hasil ramalan

T = Periode

X<sub>i</sub> = Demand pada periode t

- *Double Moving Average*  
Jika data tidak stasioner serta mengandung pola trend, maka dilakukan moving average terhadap hasil single moving average.

## 2. Metode *Smoothing* (Pemulusan)

Dipakai pada kondisi dimana bobot data pada periode yang satu berbeda dengan data pada periode sebelumnya dan membentuk fungsi Exponential yang biasa disebut Exponential smoothing Adapun metode-metode yang termasuk didalamnya, antara lain:

### a. *Single Exponential Smoothing*

Metode ini banyak mengurangi masalah penyimpangan data karena tidak perlu lagi menyimpan data historis. Pengaruh besar kecilnya a berlawanan arah dengan pengaruh memasukan jumlah pengamatan. Metode ini selalu mengikuti setiap trend dalam data sebenarnya karena yang dapat dilakukannya tidak lebih dari mengatur ramalan mendatang dengan suatu persentase dari kesalahan terakhir. Untuk menentukan a mendekati optimal memerlukan beberapa kali percobaan.

### b. *Double Exponential Smoothing* satu parameter dari Browns

Dasar pemikiran dari pemulusan eksponensial linier dari Browns adalah serupa dengan rata-rata bergerak linier, karena kedua nilai pemulusan tunggal dan ganda ketinggalan dari data yang sebenarnya bilamana terdapat unsur trend.

### c. *Double Exponential Smoothing* Dua Parameter dari Holt

Metode pemulusan eksponensial linier dari Holt pada prinsipnya serupa dengan Browns kecuali bahwa Holt tidak menggunakan rumus pemulusan berganda secara langsung. Sebagai gantinya, Holt memutuskan nilai trend dengan parameter yang berbeda dari dua parameter yang digunakan pada deret yang asli.

### d. Regresi Linier

Regresi linier digunakan untuk peramalan apabila set data yang ada linier, artinya hubungan antara variabel waktu dan permintaan berbentuk garis (linier). Metode ini didasarkan atas perhitungan *least square error*,

yaitu menghitung jarak terkecil kesuatu titik pada data untuk ditarik garis. Persamaan peramalan regresi linier dipakai tiga konstanta, yaitu a, b dan Y. Model persamaan regresi linier adalah sebagai berikut :

$$Y = a + bx$$

Dimana :

Y : merupakan variabel *response* atau variabel akibat (*dependent*)

X : Variabel *predictor* atau variabel faktor penyebab (*independent*)

a : Konstanta

b : Koefisien regresi (kemiringan)

Untuk mencari nilai konstanta (a) dan koefisien regresi (b) adalah sebagai berikut :

$$a = \frac{(\sum Y_i)(\sum X_i^2) - (\sum X_i)(\sum X_i Y_i)}{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2} \quad b = \frac{n \sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{n \sum X_i - (\sum X_i)^2}$$